

TRF

直流自記磁束計 J-H カーブトレーサ
製品資料

東英工業株式会社

装置概要

TRF

直流自記磁束計 J-H カーブトレーサ

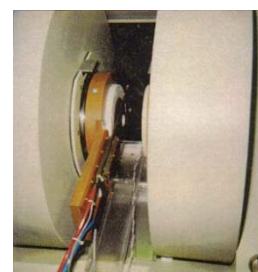
M 積分閉磁路方式の磁束計で、軟磁性材から高性能永久磁石まで広範囲な磁性材料の直流磁化特性が測定できます。
ISO-9000 トレーサビリティ体系下で校正した測定結果が得られます。

室温測定型



試料温度可変測定ユニット

高保持力磁石の熱磁気特性の測定が可能。



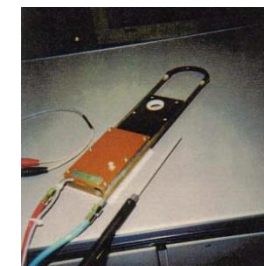
温度可変ユニット(組込んだ状態)



温度可変ユニット(TTC-2)



温度可変ユニット



冷却機構付検出部

長所

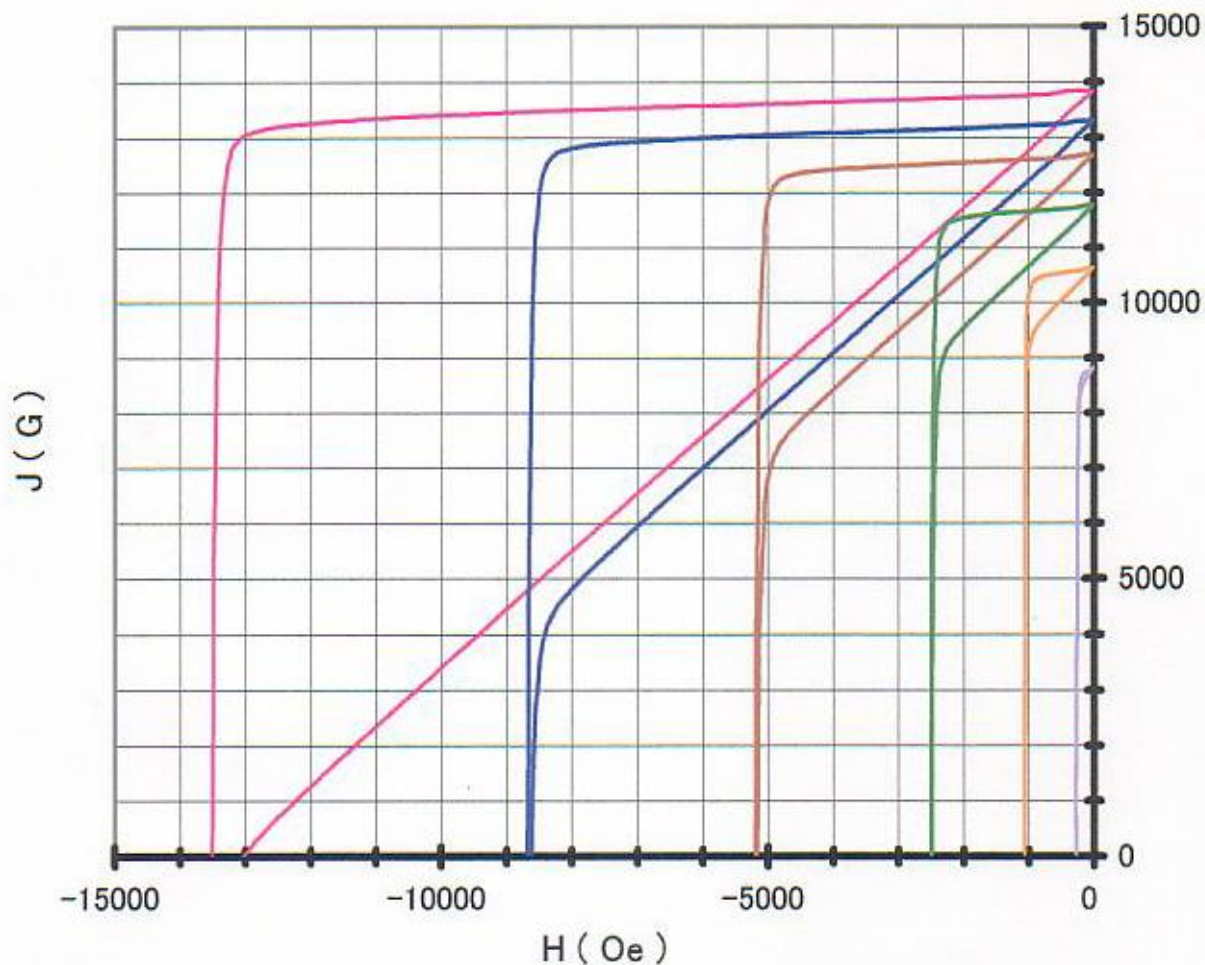
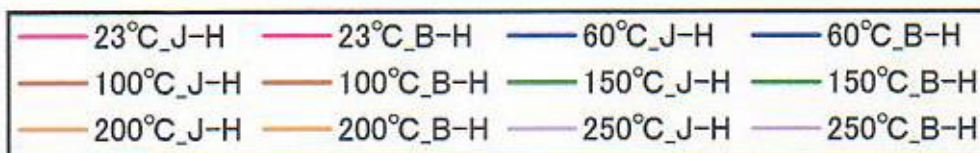
- ・ 横型電磁石は温度可変ユニット装着可能 (RT~250°C)
- ・ 外部磁界 = 試料内部の実効磁界 (反磁界補正不要)
- ・ J 軸は試料の断面積で Gain を決定 (体積だと校正時に難あり)
- ・ ISO 9000 トレーサビリティ体系下の校正可能

注意点

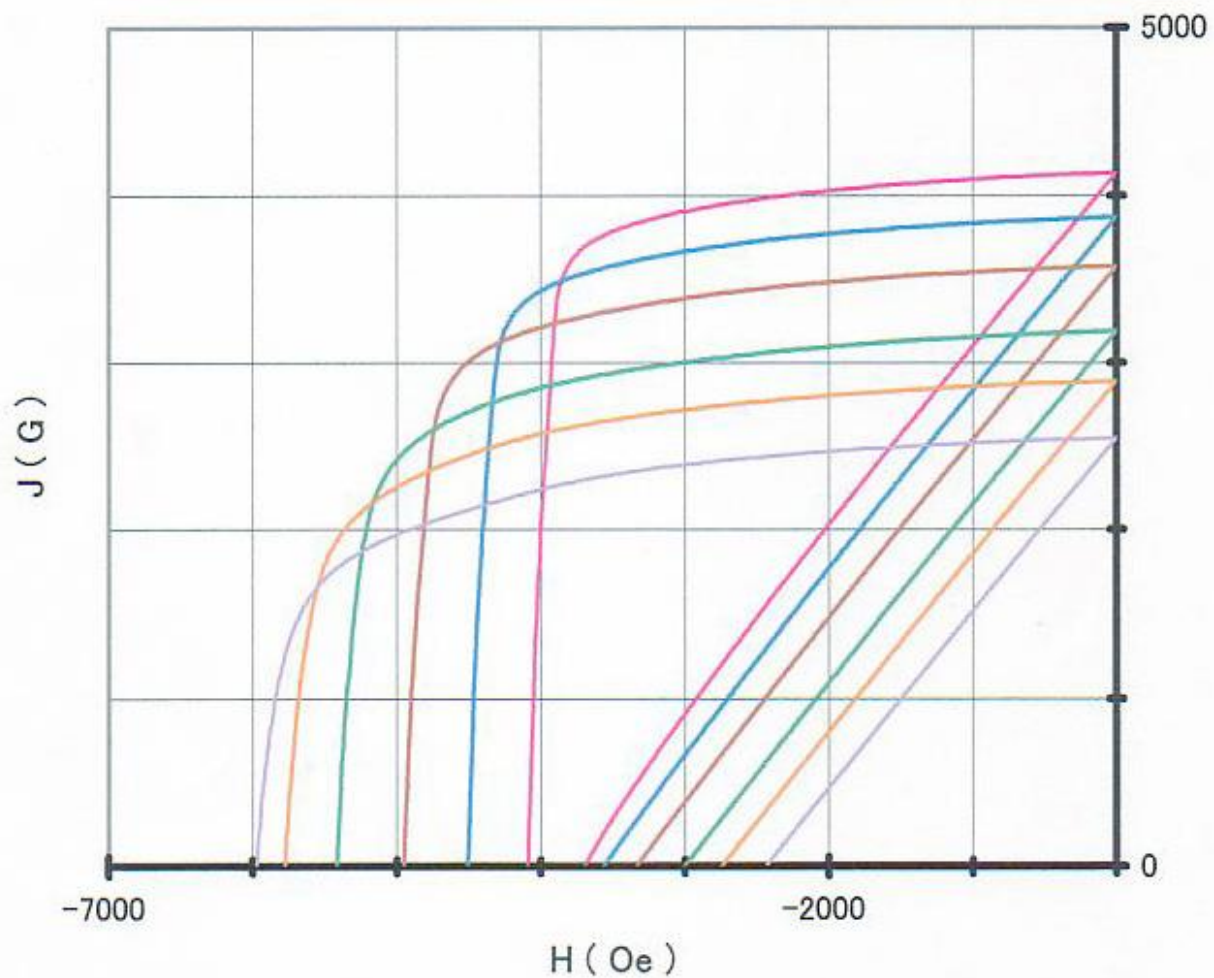
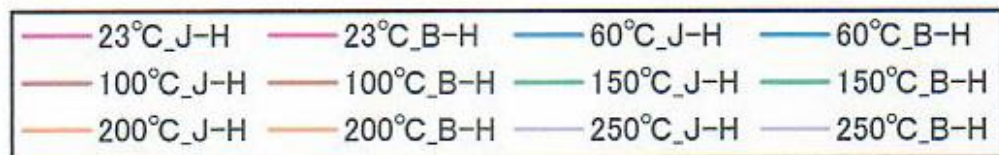
- ・ J 検出信号の異常減衰あり
- ・ 測定磁界 25kOe, 電磁石重量 760kg
- ・ 測定磁界 30kOe, 電磁石重量約 3ton
- ・ 測定可能な磁束密度範囲は約 17kG 以下
- ・ 測定試料最大、約 ϕ 30mm (磁極 ϕ 100mm)
- ・ 磁極圧力による試料の圧壊あり
- ・ 磁極圧力不足による測定精度低下あり
- ・ (Al Ni Co 磁石の(BH)max に影響大)

TTM_NdFeB (sint.) 250°C

TRF&TTM 装置によるNd-Fe-B (sint.)減磁特性曲線(温度可変特性)



TRF&TTM 装置による Sr-Ferrite 減磁特性曲線(温度可変特性)



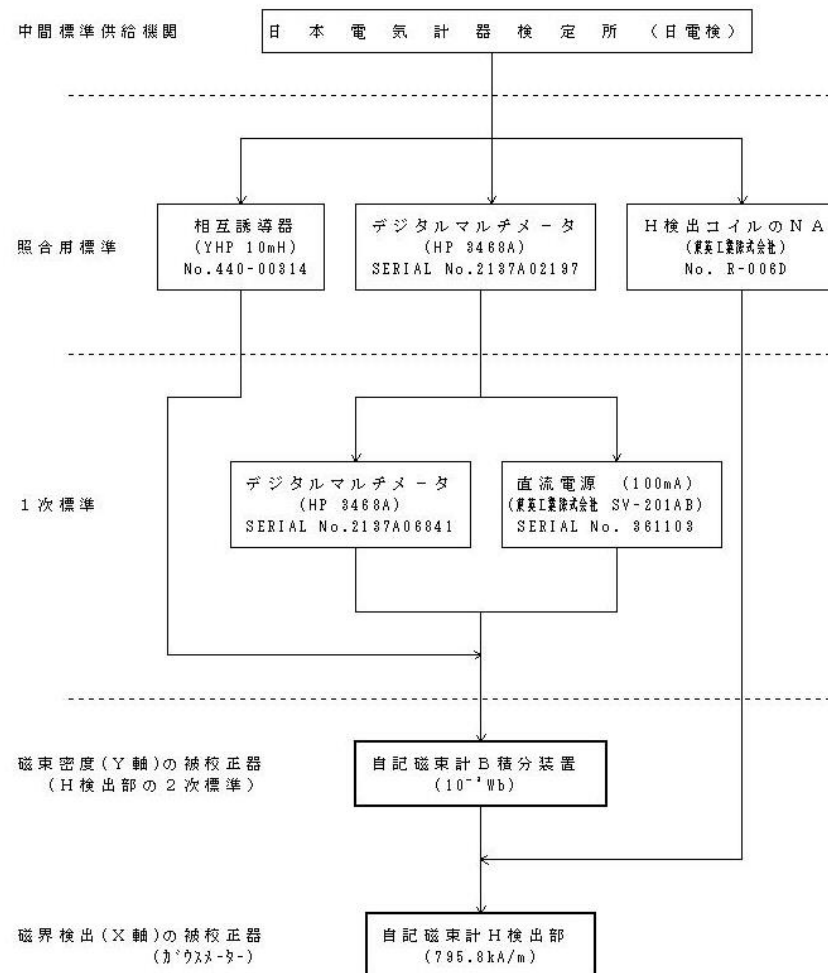
DC_J-H カーブトレーサ ISO-9000 トレーサビリティ体系図

東英工業株式会社
 東京都町田市忠生1-8-13
 管理No. C2209-005

J Cal (%)		精度 (%)
M	10mH	±0.1
DMM 照合	100mA	±0.16
DMM 1次	100mA	±0.16
DMM 照合	5mV	±0.06
DMM 1次	5mV	±0.086
合計		±0.566

[自記磁束計のトレーサビリティ体系]

(通用:硬質磁性材料)



1次標準器の校正周期 ----- 1回/年

ISO-9001 認定工場で使用される M 積分式磁束計の長所

(1) M は相互誘導器です。

M は ISO-9000 トレーサビリティ体系下で、0.1%の精度で校正が可能な事から、磁束計積分回路中に M を持つ M 積分式磁束計は、2.4.1 式 C・R 積分式磁束計の欠点であるニッケルの飽和磁化 (ISO-9000 トレーサビリティはない) を用いて校正を行う必要が全くないので常に高精度の測定が可能です。

(2) M の構造は単純な銅線の空芯コイルである事から、C・R の C (キャパシタ) に比較して物性的に充分安定な回路構成部品です。

M 積分_説明

[原理] 現在市販されている自記磁束計には、P. P. Cioffi 氏によって実用化された M 積分方式と D. H. Dicke 氏によって開発された CR 積分方式の 2 種類が有る。CR 積分法の原理図を 2.3 図に示す。

磁束の変化 $d\phi$ (W_b) によって、さぐりコイルに誘起される電圧 e_s (V) は、さぐりコイルの巻数を n とすると、 L_{enz} の法則および N_{eumann} の定理より次式で表わされる。

$$e_s = - \frac{d\Phi}{dt} = -n \frac{d\phi}{dt} \quad (V) \quad \dots\dots(2.16)$$

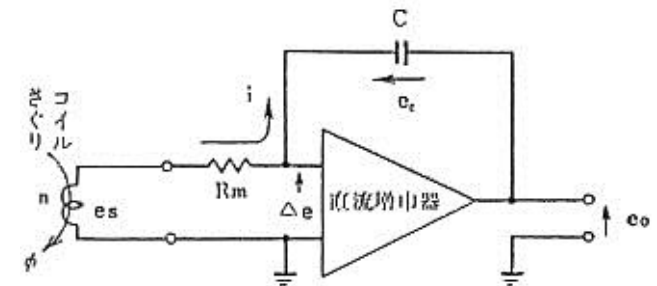
e_s によって積分器に流れる電流 i (A) は、増幅器の利得および入力抵抗が十分に大きければ、 $\Delta e \doteq 0$ とみなされるので、

$$i = \frac{e_s}{R_m} \quad \dots\dots(2.17)$$

この電流 i は、全てコンデンサー C (F) に充電されるので、増幅器の出力電圧 e_0 は、2.18 式、2.19 式で表わされる。

$$e_0 = -e_c + \Delta e \doteq -e_c = \frac{-q}{c} - \frac{1}{C} \int idt \quad (V) \quad \dots\dots(2.18)$$

$$\therefore e_0 = - \frac{n}{CR_m} \int \frac{d\phi}{dt} \cdot dt = \frac{-n}{CR_m} \times \phi \quad (V) \quad \dots\dots(2.19)$$

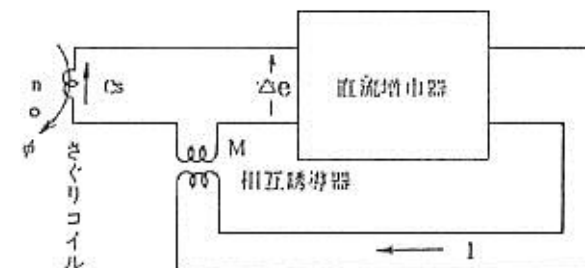


2.3 図 CR 積分方式自記磁束計の原理図

e_0 を測定すれば、磁束 ϕ が求められる。次にM積分方式の原理図を2.4図に示す。直流増幅器の入力に Δe を生じ、この電流変化を相互誘導器M(H)によって入力側に負帰還をする。増幅器の利得が無大であれば、この値はほとんど零となる。

$$\text{この時、 } e_s = M \frac{dI}{dt} \quad (\text{V}) \quad \dots\dots(2.20)$$

$$\text{すなわち、 } I = \frac{1}{M} \int e_s dt = -\frac{n}{M} \int \frac{d\phi}{dt} \cdot dt = -\frac{n}{M} \phi \quad (\text{A}) \quad \dots\dots(2.21)$$



2.4 図 M積分方式自記磁束計の原理図

I(A)を測定すれば磁束 ϕ が求められる。この様に、M積分方式は動作上から電流計と考えられ、CR積分方式は電圧計と言える。

[自記磁束計(積分器)の較正方法]

自記磁束計の精度は、JIS C - 2501 では、 $\pm 1\%$ 以内、Hコイルおよび自記磁束計の較正周期は6ヶ月以内とされている。較正方法は、相互誘導器M(H)を用いる方法やコイル定数NAの定まったHコイルと標準磁界を用いる方法などが有るが、一般に前者の方が簡単のため多く使用されている。即ち相互誘導器M(H)の一次側電流I(A)によって、二次側に発生する誘起電圧eは、次式で与えられる。

$$e = -M \frac{dI}{dt} \quad \dots\dots(2.22)$$

$$2.16、2.22 \text{ 式より } \phi = M \int_0^I dI = MI \quad \dots\dots(2.23)$$

相互インダクタンスM(H)は、日本電気計器検定所では、 2×10^{-4} 以上(1kH_z, H \approx 1mH)の試験精度で検定が可能であるため、この方法によれば、比較的簡単に精度を上げて、積分器の較正が可能である。一般に相互誘導器としては、10mHまたは100mHが多く使用されている。閉磁路を形成(例えば環状)している軟質磁性材料の磁界H(A/m)は、 $H = \frac{NI}{l_m}$ (A/m) $\dots\dots(2.24)$

$$\text{与えられる。ここで } l_m(\text{m}) \text{ は平均磁路長、N は一次巻線数、この場合、電流 } I(\text{A}) \text{ を較正する事によって磁界が較正できる。}$$

J-H カーブトレーサでの第一象限 J 信号の異常減衰測定例

従来型 J-H カーブトレーサ

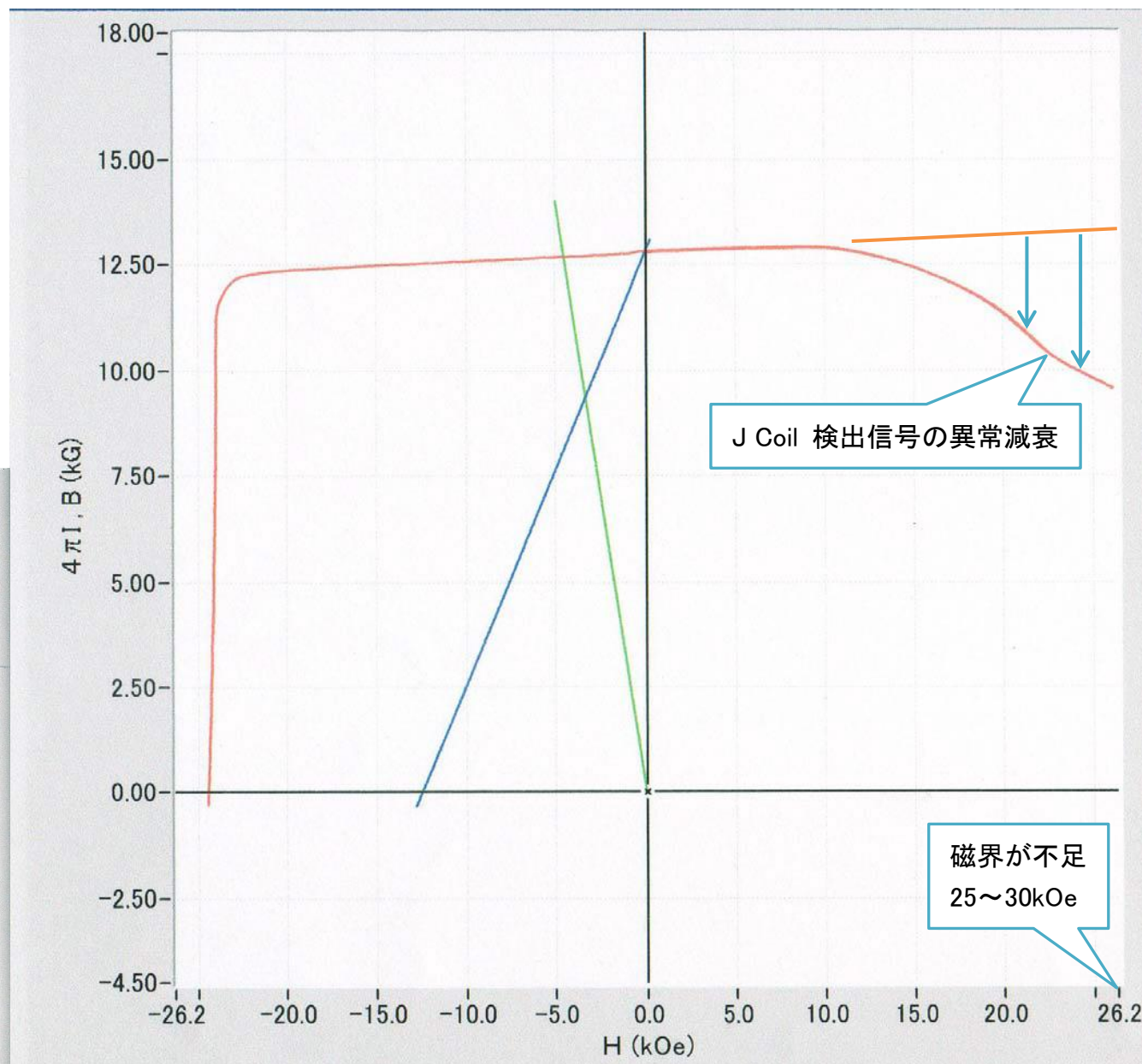
Nd-Fe-B(sint) 7x7x7mm 試料

電磁石型閉磁路磁界発生装置を使用した一般的な J-H トレーサの測定例。

+10kOe~+25kOe で J 検出信号に異常減衰が発生する事が知られている。

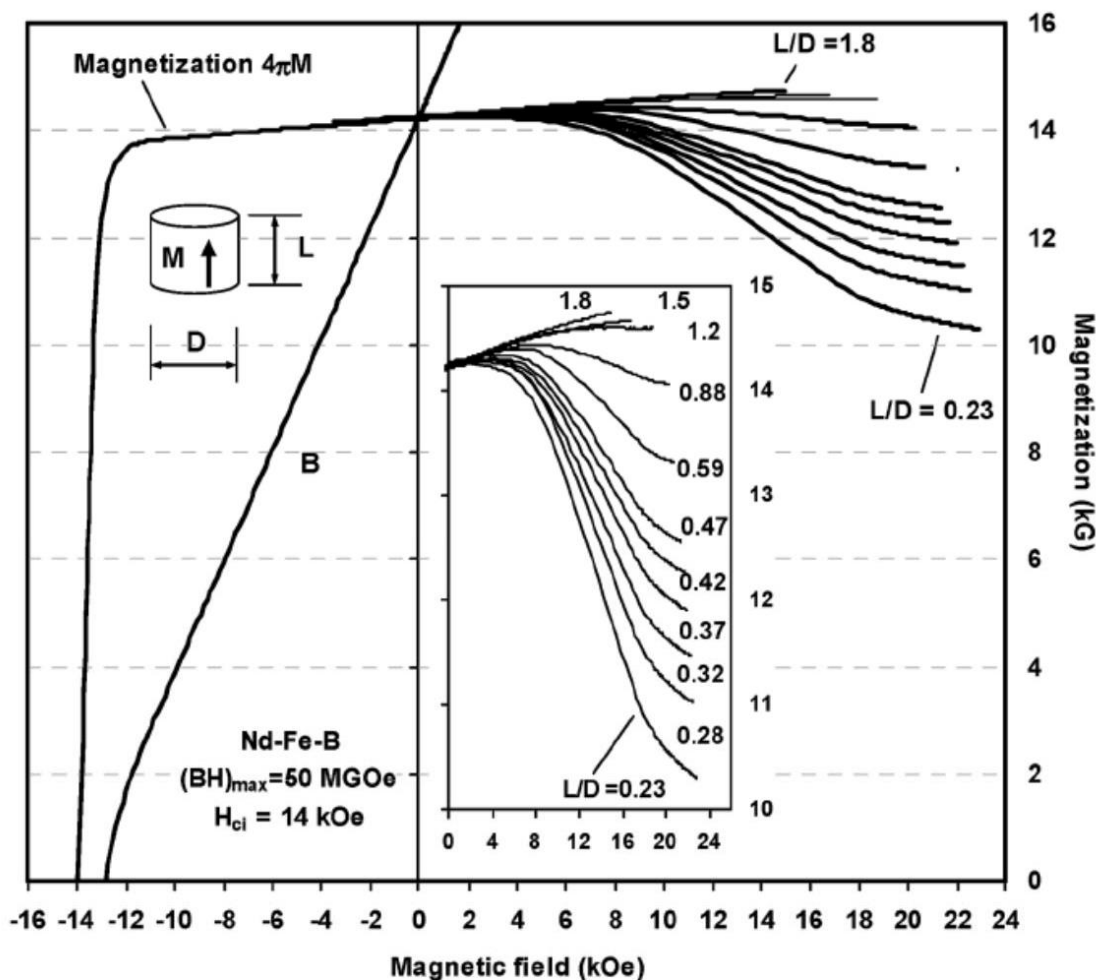
測定日時	2006/03/15 12:59	室温(°C)	23.1
NAME CODE	TOEI	SERIAL No	20060315000
サンプルネーム	B-1		
測定モード	VD	測定方向	Easy
Area(cm ²)	1.2100	Ne(turns)	16.0
Density(g/cc)	0.000	Permiance	2.7910

	UNIT	
	CGS	SI
Br	12809 Gauss	Br 1.281 T
bHc	12524 Oe	Hcb 996.6 kA/m
iHc	24448 Oe	Hcj 1945.5 kA/m
Hk	23850 Oe	Hk 1897.9 kA/m
(BH)max	39.99 MGOe	(BH)max 318.2 kJ/m ³
4PImax	12925 Gauss	Jmax 1.293 T
Br/4PImax	99.10 %	Br/Jmax 99.10 %
SQ(Area)	96.19 %	SQ(Area) 96.19 %
Hk/iHc	97.55 %	Hk/Hcj 97.55 %
Bd	9351 Gauss	Bd 0.935 T
Hd	3352 Oe	Hd 266.7 kA/m



J 信号の異常減衰は保磁力値に影響を及ぼさない測定例($H_{cJ}=14\text{kOe}$)

Length of the test specimen shorter than 5mm



12mm diameter (D)

Length (L)

$L/D = 0.23 \rightarrow L = 2.76$

$L/D = 1.8 \rightarrow L = 21.6$

Fundamentally, L/D should be considered instead of the length of specimens.

Fig. 1. Magnetization distortion in closed-circuit testing of Nd-Fe-B magnets with ten different values of L/D .

A. K. Higgins, C. D. Graham, R. M. Strnat and C. H. Chen: IEEE Trans. Magn., 44, 3269 (2008).

電磁石の漏洩磁界

TRF(BH)用電磁石 TEM-WV101C-252

最大磁界発生時 25000 Oe (Gap 10mm)

磁極中心からの距離	正面 (Gauss)	側面 (Gauss)
0.5m	12.00	40.00
1.0m	6.20	3.40
1.5m	1.80	1.50
2.0m	0.50	0.45